

3

Linea Turbinas para Gases



Turbinas de paso total - TPG



Caudales pequeños

TPG - 1100

EPT - TG - 01 - 04



Cañerías de 1" a 4"

TPG - 1200

EPT - TG - 02 - 04

Turbinas de Inserción - TIG



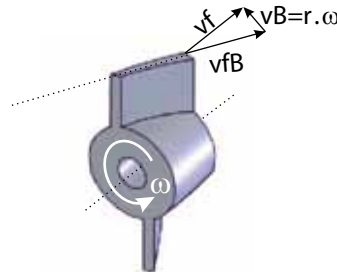
Cañerías de 6" a 24"

TIG - 3300

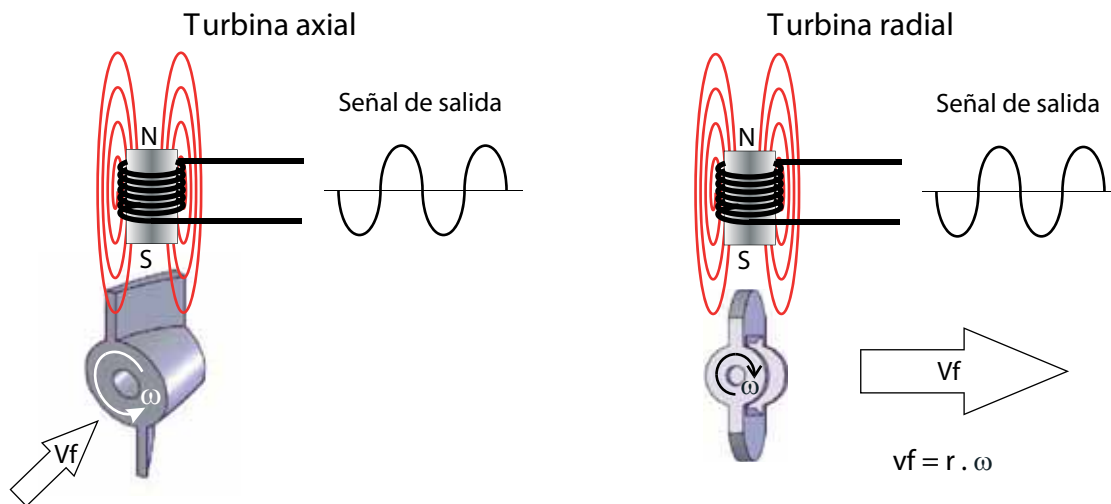
EPT - TG - 03 - 04

Principio de funcionamiento

Los caudalímetros a turbina son transductores que generan trenes de pulsos de forma proporcional a la velocidad del fluido en la cañería. Los pulsos generados en el pick-up son transmitidos a unidades electrónicas, integradas o remotas, donde son convertidos en lecturas de caudal y volumen. El pasaje del fluido por el interior de la turbina puede identificarse como el vector velocidad $\mathbf{v_f}$ que tiene la dirección de la cañería. Al chocar el fluido con el alabe del rotor, que presenta un ángulo de inclinación con respecto al eje de rotación, se produce un incremento de velocidad como ilustra el vector $\mathbf{v_{fB}}$.



La suma vectorial se completa con $\mathbf{v_B} = r\omega$ (que es el responsable de hacer girar el rotor con una velocidad angular ω de magnitud proporcional a la velocidad del fluido $\mathbf{v_f}$). Mientras el rotor gira, sus palas cortan las líneas de fuerza del pick-up magnético y se genera una variación sinusoidal de la tensión eléctrica, que es recibida como pulsos en la unidad electrónica. En los esquemas se ilustra este principio de generación de pulsos para las turbinas de paso total y las radiales.



Ecuaciones de las turbinas

La relación existente entre los pulsos eléctricos (generados en el pick-up) y el caudal instantáneo que circula por la turbina se denomina FACTOR K y se expresa como

$$K = \frac{f \text{ (Frecuencia)}}{Q \text{ (Caudal)}} \left[\frac{\text{Pulsos /seg}}{\text{dm}^3/\text{seg}} \right] = \left[\frac{\text{Pulsos}}{\text{dm}^3} \right]$$

El factor K es obtenido en los bancos de calibración de Odin, donde un volumen (medido por un gasometro) es circulado por el medidor al mismo tiempo que se cuentan los pulsos generados. En las turbinas de inserción el factor K_i (K de inserción) es un valor muy útil porque relaciona la frecuencia de los pulsos (f) con la velocidad del gas en la cañería ($\mathbf{v_f}$) en el momento que atraviesa el medidor.

$$K_i = K \cdot A_c \cdot F_p \left[\frac{\text{Pulsos} \cdot \text{dm}^2}{\text{dm}^3} \right] = \left[\frac{\text{Pulsos/s}}{\text{dm/s}} \right] = \frac{f}{v_f}$$

donde A_c es el área del caño (dm^2), y F_p es el factor de pasaje (es adimensional y su valor es $0 < F_p < 1$.)

Como el K_i no depende del diámetro del caño, es válido para cualquier diámetro de cañería donde se inserte la turbina.

Ejemplo de cálculo del factor K :

Para una cañón de 4" de diámetro, donde se conoce el factor K4" se puede calcular el K6":

$$K_i = K4'' \cdot Ac4'' \cdot Fp4'' \text{ y también: } K_i = K6'' \cdot Ac6'' \cdot Fp6''$$

Por lo tanto

$$K4'' \cdot Ac4'' \cdot Fp4'' = K6'' \cdot Ac6'' \cdot Fp6'' \text{ y despejando se obtiene:}$$

$$K6'' = K4'' \frac{Ap 4'' \cdot Fp 4''}{Ap 6'' \cdot Fp 6''}$$

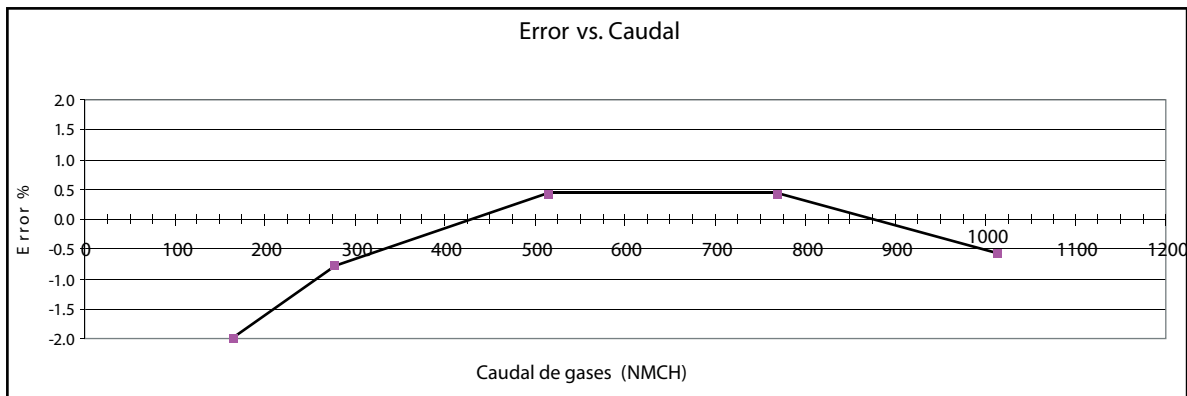
En cañerías grandes Fp es prácticamente 1 en todos los casos y simplificando se obtiene:

$$K6'' = K4'' \frac{Ap 4''}{Ap 6''}$$

Errores de la medición

De las ecuaciones anteriores se deduce que el factor K es considerado una constante a través de todo el rango de la turbina.

Sin embargo si trazamos una **curva de calibración como la que entrega Odin** con cada uno de los medidores se vea que la misma no es totalmente lineal de manera que los errores son diferentes en los distintos puntos de la curva.



Se definen tres tipos de errores:

1.- Linealidad

El apartamiento de la línea recta que en el gráfico anterior correspondería a una línea horizontal, define el error de linealidad. Para una curva como la dibujada la linealidad varía desde -1.5 a +0.35 dentro del rango del medidor. En cada una de las hojas técnicas se especifican los valores típicos de cada modelo.

La alinealidad se corrige electrónicamente como se explica en el capítulo "Unidades electrónicas".

2.- Precisión o repetibilidad

Significa la variación que es posible detectar entre los valores de salida cuando el equipo es alimentado con los mismos valores de entrada. Por ejemplo el caudal y toda otra magnitud que la influya: presión, temperatura, viscosidad, etc. Normalmente se ensaya con una serie mínima de eventos que está determinada por las leyes estadísticas. Se especifica sobre los valores leídos en cualquier punto del rango.

En cada una de las hojas técnicas se especifican los valores típicos de cada modelo.

3.- Exactitud

Es la diferencia entre el valor real y el medido, es decir, el indicado por el medidor. Como valor real se aceptan valores de volumen ó masa y tiempo, trazables a patrones certificados.

Medición de gases

Como las turbinas son medidores velocimétricos, la cantidad de pulsos generados por unidad de volumen, dependen de la velocidad de las moléculas que atraviesan el rotor, y no de su cantidad o masa. Por este motivo el factor K (pulsos/volumen) está expresado en volumen **actual** (esto es a presión y temperatura de operación).

Si el caudal a medir está expresado en condiciones **estándar (S)** o **normales (N)**, estas deben llevarse a condiciones **actuales**:

$$QA = QS \times \frac{Ps}{Pa} \times \frac{Ta}{Ts} \quad \text{ó} \quad QA = QN \times \frac{Pn}{Pa} \times \frac{Ta}{Tn}$$

Donde: QA = Caudal en AMCH

QS = Caudal en SMCH

Pa = Presión de operación

Ts = Temperatura estándar: 288,15°K

Tn = Temperatura normal: 273,15° K

QN = Caudal en NMCH

Ta = Temperatura de operación

Ps = Presión estándar: 101,325 KPa

Pn = Presión normal: 101,325 Kpa

Ejemplo: Calcular el caudal actual equivalente (QA) a 10 NMCH, para una cañería que opera a 3 bar y 50°C.

$$QA = QN \cdot \frac{1 \text{ Bar ABS}}{4 \text{ Bar ABS}} \times \frac{323.15 \text{ °K}}{273.15 \text{ °K}}$$

$$QA = QN \times 0.295$$

$$QA = 2.95 \text{ AMCH}$$

Si los datos del caudal ya están en ALPM o AMCH, se entra directamente a la tabla de caudales.

Influencia de la densidad del gas

La densidad de los distintos gases, puede ejercer alguna influencia en los caudales mínimos que la turbina es capaz de medir. Las turbinas calibradas con aire cuya densidad (ρ) es:

$$\rho = 3,4834 \times \frac{G}{Z} \times \frac{Pf}{TK} = 1,2254 \text{ Kg/M}^3$$

Cuando:

G = 1 (gravedad específica)
Z = 0,999 (factor de compresibilidad)

Pf = 101,325 Kpa (1Bar ABS)
TK = 288,15° K (15 °C)

Reemplazando los valores del gas que necesitamos medir, se calcula la densidad en condiciones de operación. El caudal mínimo factible de ser medido, se evidencia en la siguiente tabla:

DENSIDAD (En condiciones de operación) Kg/m ³	CAUDAL MINIMO % del máximo
0,1 < ρ < 1	30%
1 < ρ < 10	20%
10 < ρ	10%

Ejemplo:

Una turbina que opera con gas natural (G=0.66) y a 1 Bar de presión manométrica la densidad ρ es:

$$\rho A = 3.4834 \times \frac{0.66}{0.999} \times \frac{202.65}{288.15} = 1.61 \text{ kg/m}^3$$

Por lo tanto el caudal mínimo que el equipo podrá detectar estará entre 10% y 20%.

Calle 35 entre 122 y 123
1925 Ensenada
Provincia de Buenos Aires
República Argentina

Tel.: 54 221 422 7751
Fax: 54 221 422 7671
email: info@odinsa.com.ar
web: www.odinsa.com.ar



ODIN S.A.

EPT - TG - 00 - 05
Vigencia Septiembre 2011